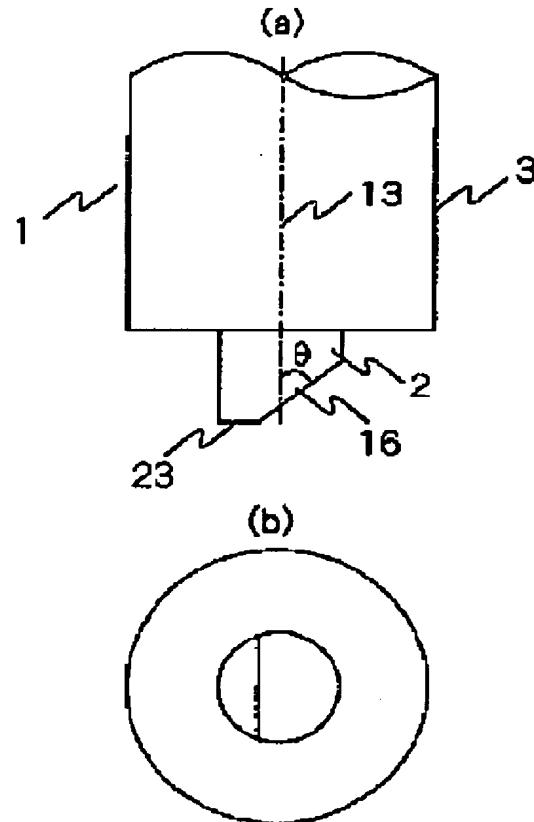


FRictional AGITATION JOINING DEVICE, FRictional AGITATION JOINING TOOL AND FRictional AGITATION JOINING STRUCTURE**Patent number:** JP2000153374**Publication date:** 2000-06-06**Inventor:** AOTA KINYA; OKAMURA HISANOBU; FUNYU MASAO;
SAKAMOTO MASAHIKO**Applicant:** HITACHI LTD**Classification:**

- international: B23K20/12

- european:

Application number: JP19980343645 19981118**Priority number(s):****Report a data error here****Abstract of JP2000153374****PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a frictional agitation joining device not generating defective penetration beads, its joining tool, its joining structure and its use.**SOLUTION:** In a frictional agitation joining device or its tool which is provided with a rotationally driving device and a joining tool 1 driven with the rotational driving device and moreover formed of a material harder than an object to be worked, and wherein the above described joining tool is pressurized and inserted against and into the joining part of the object to be worked while being rotated and transferred on the joining surface and two objects to be worked and bonded by frictional agitation, an agitation means which generates plastic flow to the above described object to be worked is provided in the tip end part of the above described joining tool. A specific bead shape is obtained with the device.

Data supplied from the esp@cenet database - Patent Abstracts of Japan

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-153374

(P2000-153374A)

(43)公開日 平成12年6月6日(2000.6.6)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テマコード(参考)

B 23 K 20/12

B 23 K 20/12

A 4 E 067

// B 23 K 103:10

審査請求 未請求 請求項の数16 FD (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平10-343645

(71)出願人 000005108

(22)出願日 平成10年11月18日(1998.11.18)

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 青田 欣也

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 岡村 久宣

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(74)代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

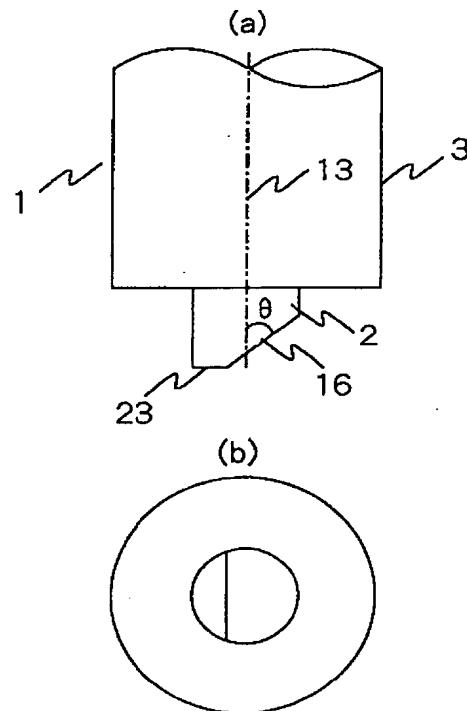
最終頁に続く

(54)【発明の名称】摩擦攪拌接合装置及び摩擦攪拌接合ツール並びに摩擦攪拌接合構造物

(57)【要約】

【課題】本発明の目的は、裏波不良の生じない摩擦攪拌接合装置及びその接合ツールとその接合構造物並びに用途を提供する。

【解決手段】本発明は、回転駆動装置と、この回転駆動装置により駆動され、かつ被加工物より硬い材質にて形成された接合ツール1とを備え、前記接合ツールを被加工物の接合部に回転させながら押圧挿入して接合面を移動し、二つの被加工物を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合装置又はそのツールにおいて、前記接合ツールの先端部に、前記被加工物に対して塑性流動を生じさせる攪拌手段を設けたものである。この装置により特定のビード形状が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】回転駆動装置と、該回転駆動装置により駆動され、かつ被加工物より硬い材質にて形成された接合ツールとを備え、前記接合ツールを前記被加工物の接合部に回転させながら押圧挿入して接合方向に相対移動させるとともに、前記被加工物を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合装置において、前記接合ツールは前記被加工物に対し、

前記接合ツールの先端面より下部で塑性流動を生じさせる攪拌手段を設けたことを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項2】回転駆動装置と、該回転駆動装置により駆動され、かつ被加工物より硬い材質にて形成された接合ツールとを備え、前記接合ツールを前記被加工物の接合部に回転させながら押圧挿入して接合方向に相対移動させるとともに、前記被加工物を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合装置において、前記接合ツールは前記被加工物に対し前記接合ツールの先端面より下部で塑性流動させるように前記先端面に凹凸を設けたことを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項3】回転駆動装置と、該回転駆動装置により駆動され、かつ被加工物より硬い材質にて形成された接合ツールとを備え、前記接合ツールを前記被加工物の接合部に回転させながら押圧挿入して接合方向に相対移動させながら前記被加工物を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合装置において、前記接合ツールの先端面を平坦な面に形成するとともに、この平坦な面に凹部もしくは凸部を設けるようにしたことを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項4】前記凹部もしくは凸部が、ローレット加工形状、放射状に設けられた円弧状の溝もしくは円弧状の突堤、らせん状の溝、もしくはらせん状の突堤のいずれかである請求項3記載の摩擦攪拌接合装置。

【請求項5】回転駆動装置と、該回転駆動装置により駆動され、かつ被加工物より硬い材質にて形成された接合ツールとを備え、前記接合ツールを被加工物の加工部に回転させながら押圧挿入して接合方向に相対移動させるとともに、被加工物を摩擦攪拌接合するようになした摩擦攪拌接合装置において、

前記接合ツールはその先端部に該ツールの回転軸に対して傾斜した平面部を有することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項6】回転駆動装置と、該回転駆動装置により駆動され、かつ被加工物より硬い材質にて形成された接合ツールとを備え、前記接合ツールを前記被加工物の接合部に回転させながら押圧挿入して接合方向に相対移動させるとともに、前記被加工物を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合装置において、前記接合ツールは、

前記被加工物に対し下方に流れる塑性流動を生じさせる攪拌手段を有することを特徴とする摩擦攪拌接合装置。

【請求項7】被加工物より硬い材質からなる接合ツールを前記被加工物の接合部に回転させながら押圧挿入して被加工物を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合ツールにおいて、該ツールは前記被加工物に対し、前記接合ツールの先端面より下部で塑性流動が生じさせる攪拌手段を有することを特徴とする摩擦攪拌接合ツール。

【請求項8】被加工物より硬い材質にて形成された接合ツールを前記被加工物の接合部に回転させながら押圧挿入して接合方向に相対移動させるとともに、前記被加工物を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合ツールにおいて、該接合ツールは、前記被加工物に対し前記接合ツールの先端面より下部で塑性流動させるように前記先端面に凹凸を設けたことを特徴とする摩擦攪拌接合ツール。

【請求項9】被加工物より硬い材質にて形成された接合ツールを被加工物の接合部に回転させながら押圧挿入して接合方向に相対移動させながら前記被加工物を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合ツールにおいて、前記接合ツールの先端面を平坦な面に形成するとともに、この平坦な面に凹部もしくは凸部を設けるようにしたことを特徴とする摩擦攪拌接合ツール。

【請求項10】被加工物より硬い材質にて形成された接合ツールを前記被加工物の加工部に回転させながら押圧挿入して接合方向に相対移動させるとともに、被加工物を摩擦攪拌接合するようになした摩擦攪拌接合ツールにおいて、

該接合ツールはその先端部に回転軸に対して傾斜した平面部を有することを特徴とする摩擦攪拌接合ツール。

【請求項11】被加工物より硬い材質にて形成された接合ツールを前記被加工物の接合部に回転させながら押圧挿入して接合方向に相対移動させるとともに、前記被加工物を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合ツールにおいて、前記接合ツールは、

前記被加工物に対し下方に流れる塑性流動を生じさせる攪拌手段を有することを特徴とする摩擦攪拌接合ツール。

【請求項12】摩擦接合された接合構造物において、前記接合によって形成されるビードはその接合方向に垂直な断面形状において前記ビードの表面と裏面との間の中心部における前記ビードと母材との間の界面の傾斜角度が60~80度であることを特徴とする接合構造物。

【請求項13】摩擦接合された接合構造物において、前記接合によって形成されるビードはその接合方向に垂直な断面形状において前記ビードと母材との間の界面の前記ビードの裏面からの立上がり傾斜角度が25~50度であることを特徴とする接合構造物。

【請求項14】摩擦接合された接合構造物において、前記接合によって形成されるビードはその表面側に円弧状の凹凸からなる波状が形成されており、該波状の数が接合の進行方向に対し長さ10mm当たり15~30個である

ことを特徴とする接合構造物。

【請求項15】摩擦接合された接合構造物において、前記接合によって形成されるビードはそのビード内に酸化物粒子が分散していることを特徴とする接合構造物。

【請求項16】アルミ合金よりなり、摩擦接合された接合構造物よりなる車体を有する鉄道車両において、前記接合構造物は請求項12～15のいずれかに記載の接合構造物よりなることを特徴とする鉄道車両。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば、アルミニウム合金材等の接合に用いられる摩擦攪拌接合装置および摩擦攪拌接合ツールとそれによって得られる接合構造物並びに用途に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来一般に採用されているこの種の摩擦攪拌接合装置は、被加工物より実質的に硬い材質で、かつ先端が半球状をなした接合ツールを備え、そしてこの接合ツールを二つの被加工物の接合部に回転させながら押圧挿入して移動させ、すなわち接合方向に沿って移動させて接合部を塑性流動させ固相接合するものである。このような摩擦攪拌接合は、通常、アルミニウム合金材の被加工物の突合せ部や重ね部の結合に適用されている。なお、この種摩擦攪拌接合装置や摩擦攪拌接合ツールに関連するものとしては、例えば特公表7-505090号公報、あるいは特公表7-525109号公報などが挙げられる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】このように形成されている摩擦攪拌接合装置であると、治具の上に、二つの部材（板）を突合せて配置し、この突合せ面に沿って接合ツールを回転させながら挿入、かつ移動することにより接合するので、接合ツールの先端と治具との間には或る間隔（隙間）があり、従来のこの種の接合ツールでは塑性流動されない部分が生ずる場合があった。すなわち、従来の接合ツールは、図4にも示されているように、先端のピン2とこのピン2よりは大径のショルダー3により構成されており、この接合ツール1では、ピン2の先端が半球状であるため、ピン2の先端と治具10との間の部材が十分に塑性流動されず、その結果、ビード裏側の部材突合せ面が接合されずに残り、裏波不良が生じ易いという問題があった。

【0004】本発明の目的は裏波不良の生じない摩擦攪拌接合装置及びその接合ツールとそれによって得られる接合構造物並びに用途を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、回転駆動装置と、該回転駆動装置により駆動され、かつ被加工物より硬い材質にて形成された接合ツールとを備え、前記接合ツールを被加工物の接合部に回転させながら押圧挿入し

て接合方向に相対移動させるとともに、前記被加工物を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合装置において、前記接合ツールは前記被加工物に対し、前記接合ツールの先端面より下部で塑性流動を生じさせる攪拌手段を設けたこと、前記接合ツールは前記被加工物に対し前記接合ツールの先端面より下部で塑性流動させるように前記先端面に凹凸を設けたこと、前記接合ツールは前記被加工物に対し下方に流れる塑性流動を生じさせる攪拌手段を有すること、前記接合ツールの先端面を平坦な面に形成するとともに、この平坦な面に凹部もしくは凸部を設けたことを特徴とする。

【0006】前記凹部もしくは凸部は、ローレット加工形状、放射状に設けられた円弧状の溝もしくは円弧状の突堤、らせん状の溝、もしくはらせん状の突堤のいずれかであることが好ましい。

【0007】本発明は、被加工物より硬い材質からなる接合ツールを被加工物の接合部に回転させながら押圧挿入して被加工物を摩擦攪拌接合する摩擦攪拌接合ツールにおいて、該ツールは前記被加工物に対し、前記接合ツールの先端面より下部で塑性流動が生じさせる攪拌手段を有すること、接合ツールは前記被加工物に対し前記接合ツールの先端面より下部で塑性流動させるように前記先端面に凹凸を設けたこと、接合ツールの先端面を平坦な面に形成するとともに、この平坦な面に凹部もしくは凸部を設けるようにしたこと、接合ツールは前記被加工物に対し下方に流れる塑性流動を生じさせる攪拌手段を有すること、又は接合ツールはその先端部に回転軸に対して傾斜した平面部を有することを特徴とする。

【0008】本発明は、摩擦接合された接合構造物において、前記接合によって形成されるビードはその接合方向に垂直な断面形状において前記ビードの表面と裏面との間の中心部における前記ビードと母材との間の界面の裏面に対する傾斜角度が60～80度であること、好ましくは65～75度であること、前記接合によって形成されるビードはその接合方向に垂直な断面形状において前記ビードと母材との間の界面の前記ビードの裏面からの立上がりの裏面に対する傾斜角度が25～50度であること、好ましくは30～45度であること、前記接合によって形成されるビードは接合ツールの上下方向の移動によって、その表面側に円弧状の凹凸からなる波状の加工ラインが形成されており、該波状の数が接合の進行方向に対し長さ10mm当たり15～30本であること、好ましくは15～25本であること、前記接合によって形成されるビードはそのビード内に酸化物粒子が分散していることのいずれか、これらの複数又は全部の組み合わせを有することを特徴とする。

【0009】本発明は、アルミ合金よりなり、摩擦接合された接合構造物よりなる車体によって構成される鉄道車両において、前記接合構造物は上述に記載の接合構造物よりなることを特徴とする。

【0010】アルミニウム材の種類は限定されることはなく、純アルミニウム系、Al-Cu系(JIS2000系)合金、Al-Mn系(JIS3000系)合金、Al-Si系(JIS4000系)合金、Al-Mg系(JIS5000系)合金、Al-Mg-Si系(JIS6000系)合金、Al-Zn-Mg系(JIS7000系)合金等の展伸材や、純アルミニウム系、Al-Si系合金、Al-Mg系合金、Al-Cu-Si系合金、Al-Cu-Mg-Si系合金等の中から、用途との関係で適宜選択使用すれば良い。

【0011】異種金属材はアルミニウム以外の金属材であり、その種類は特に限定されることはなく、SS材、SUS材等の鉄系材料でも良いし、あるいは銅系、チタン系、Mg系材料でも良い。

【0012】上記のようなアルミニウム材と異種金属材を適宜組み合わせて接合すれば良いが、最も望ましい接合部材の組み合わせとしては、特に自動車、鉄道車両用の車体等の構造材や継手に用いる場合は、Al-Mg系、Al-Mg-Si系のアルミニウム材と鉄系材料との組み合わせが望ましく、電子部品用接合材に用いる場合には、JIS6000系アルミニウム材と銅系材料またはチタン系材料またはマグネシウム系材料との組み合わせが望ましく、航空機用接合材に用いる場合には、Al-Cu系合金材料またはAl-Zn-Mg系合金材料からなるアルミニウム材と、チタン系材料からなる異種金属材との組み合わせが望ましく、いずれも強度が高く外観的にも優れた接合状態を実現できる。

【0013】他、船舶、エレベータ、圧力容器などの構造体に利用できる。

【0014】被加工物の厚さを4mm以上のアルミニウム合金の接合については、接合ツールを850rpm以上、好ましくは1000～3000rpmで回転させ、かつ1分当り240mm以上、好ましくは300～1000mmの速度で接合線に沿って移動させることができる。3000rpm以上のより高い回転速度では、1秒当り約300mmまでのより高速度で移動させることができるが、あまり移動速度を上げすぎると片側に沿ってボアが形成されてしまう。また、回転速度を3000rpmまで抑え、移動速度も対応して下げることが可能である。ある移動速度については、アルミニウムシリコンマグネシウム合金(BS6082)の場合、1分当り240mm程度等、許容可能な回転速度があり、440～850rpmの回転速度が好ましい。

【0015】

【発明の実施の形態】実施例1

図1は本発明の摩擦攪拌接合装置に用いた接合ツール1の正面図(a)及びその下部の平面図(b)である。図1に示すようにピン2は被接合物に挿入される接合で、回転軸に対して傾斜した切断面を有し、その切断面はピン2が棒状であるので、橢円形状の平面を有し、傾斜面1

6を有している。傾斜面16は接合ツール1の回転軸13に対する内角θは本実施例では約38度である。本発明においてはこの角度は30～80度が裏波不良防止に有効である。特に、35～60度が好ましい。また、この傾斜面16により、ピン2の先端と後述するJISSUS304からなる裏当金となる治具10との間の被接合材を積極的に塑性流動させる攪拌を生じさせる。この塑性流動により、ビード裏側の突合せ面が攪拌されて接合後に残らないために裏波不良を防止することができる。

【0016】本実施例における摩擦攪拌接合法では、高速回転する接合ツール1を被接合材の接合部に接触させて摩擦熱を発生させると同時に接合ツール1のピン2を接合部に挿入させて接合方向に移動させることにより溶融させることなく固相状態のままで接合部に塑性流動を生じさせて接合させるものである。ピン2は長さ4.0mm、外径6.0mmであり、ショルダー直徑は13.0mmである。回転速度は1600rpm、接合速度は400mm/分である。接合ツール1は回転軸を垂直な位置から接合方向に対して反対の方向に5度以内(好ましくは2～4度)傾けられる。

【0017】本実施例に用いた接合ツール1のショルダー3及びピン2は一体の工具鋼が用いられる。工具鋼としてはJIS規格に記載されている炭素工具鋼材SK1～7、高速度工具鋼材SKH2～57、合金工具鋼材SKS1～95、SKD1～6等が使用可能である。特に、本実施例においては合金工具鋼材のSKD61を用いた。

【0018】図2は本実施例の接合ツールを用いた接合中の摩擦攪拌接合装置の斜視図である。この図は摩擦攪拌接合により押出形材5どうしを接合中の状況を示している。この押出形材5は板厚4mmの板9とT字型のリブ8より構成される。リブ8は板9の接合方向に複数配置されている。また、押出形材5の材質はMg0.7%及びSi0.7%を含むアルミニウム合金のJIS規格A6N01である。

【0019】この押出形材5どうしの接合では、図のように押出形材5の端部どうしを突合させて接合する構造である。また、接合面6は仮付け20により固定されている。この仮付けはTIG溶接により行う。また、押出形材5は治具10上に配置され、クランプ19により固定されている。

【0020】このように押出形材5を固定して、接合面6に沿って、前述のように高速回転する接合ツール1を移動させるとともに摩擦熱を生じさせるとともに接合部で塑性流動させることにより接合する。この時、接合ツール1は回転速度が可変である回転モータ22に接続され、ガントリー18を自動的に一定の速度で移動させることにより行う。接合ツール1は左右に駆動手段によって移動可能であり、ガントリー18はガイドレール21上を自動制御装置によって移動する。

【0021】図3は摩擦攪拌接合方法の斜視図を示す。摩擦攪拌接合法は、接合ツールを回転させながら、接合面6に沿って移動することにより接合する。

【0022】図4に接合前における接合部の断面図を示す。継手の形状は接合面6の近傍に台形の厚板部11を設けて接合部の板厚を厚くしている。これは、A6N01は時効硬化合金であり接合後の強度が低下するため、接合部の板厚を厚くして所定の接合強度を確保している。

【0023】図5は接合中における接合部の断面図を示す。接合面6に挿入された接合ツール1の高速回転により、接合ツール1近傍に被加工物自身の塑性流動域12が形成される。

【0024】図6に従来の接合ツール形状を示す。接合ツール1は先端の小径のピン2と大径のショルダー3により構成される。従来の接合ツール1では、ピン2の先端が半球形状であるため、ピン2の先端と治具10との間のアルミ部材が十分に塑性流動されない。このため、ビード裏側の突合せ面が接合されずに残り、裏波不良が生じ易いという問題があった。

【0025】図7に従来の接合ツールによる接合後のビード断面の6倍の顕微鏡写真を示す。この写真は紙面に対して奥が溶接方向であり、接合ツールの回転は時計回りで行ったもので、接合ツールを被接合材面に対して進行方向でギャップが生じる様に約3度傾けて接合したものである。写真上部が接合ツールが挿入される表面であり、下部が裏面側である。

【0026】図では明確ではないが、ビード裏側には線状の欠陥が発生していた。

【0027】また、図に示す様にビードの裏面からの立上がり角度は裏面に対して約11度及びその後のビード中央部の直線部の角度は約57度であった。更に、ビード内には白いジグザグの線が見られ、被接合材表面と開先面に存在する酸化皮膜が連続して連なった様に巻き込まれていた。

【0028】図8は図1に示した本発明の接合ツールによる接合後のビード断面の6倍の顕微鏡写真である。接合条件、材質、及び板厚は図7と同じである。本発明では、ビードの裏側まで接合面が攪拌されて、ビード裏側には欠陥がない。

【0029】摩擦攪拌接合を鉄道車両構体などの大型構造物に適用した場合、治具の精度及びツールの接合面への倣い精度が悪いため、図7に示したような欠陥が生じることがある。この欠陥は強度低下の原因になる。本発明の接合ツールで接合することにより大型構造物に対して欠陥の発生の無い良好な接合ができる。

【0030】また、図に示す様にビードの裏面からの立上がり角度は裏面に対して約38度及びその後のビード中央部の直線部の角度は同じく裏面に対して約68度であった。更に、ビード内には図7に示す様な酸化皮膜の

連続したものは見当らず、ビード内に粒状で分散されていた。従って、本実施例で明らかな様に接合ツール先端部での被接合部での塑性流動が活発に生じたためにビード裏側でも良好な接合が得られたものである。また、ビード裏側での塑性流動幅は約3.5と前述の図7の従来接合ツールを用いたもののそれが本発明の約半分に対し大きいものであった。

【0031】更に、本発明の表面側のビード表面は接合ツールのショルダー3の直径に従って波形の凹凸を呈し、その波形の本数は接合長さ10mm当たり19本であった。この波形の本数は接合ツールの回転数と接合速度によってコントロールされるものであり、その波形の適正な本数とする必要がある。

【0032】また、本実施例で得られる溶接ビードは固相での大きな塑性流動又は攪拌を受けているので、母材よりも微細な結晶粒が形成され、母材より高い引張強さが得られる。

【0033】本実施例で用いた接合ツール1は棒状のピン2の先端部をらせん溝13に対して交叉する角度で楕円形状の平面部を有するように切断された形を有するので、その回転によって切断された部分での被加工物が下方に流れる塑性流動を生じさせる作用を有する。その結果、その塑性流動は被加工物の裏側の接合部に達し、裏側ビードの接合欠陥の発生をなくすことができる。この下方に流れる塑性流動は良好な裏ビードの形成に大きな役割をなしており、前述のビード形状を得ることができるものである。そして、その下方流への塑性流動は回転軸に対する切断面のなす角度によって変えることができるとともに、ピン2の円周面に交わる方向への塑性流動に対してもストレートな従来の接合ツールに比較して大きな塑性流動を生じさせることができるので、より良好な接合が得られる。

【0034】更に、本実施例における表側のビード幅はショルダー3が前述した角度で接合面に対してその後行側が入り込んだ状態で接合されるので、その直径に従って前述のラインが形成される。そのビード幅は約13.5mmで、またわずかにビード幅の両側にバリが生じていた。バリの量は深さで約0.5mm以下であった。バリの高さは接合ツールの傾きと押し込み量によって変わることが、バリがでない様にする接合が好ましい。

【0035】本実施例における裏側のビード幅は外観では熱影響部も含んで求めると約9mmであった。前述の図8に示す断面から塑性流動域における幅は約4mm及び同じく図7におけるそれが約2mmであった。従って、前述の様に裏ビードとして欠陥のない接合を得るには3mm以上が必要と思われる。しかし、あまり大きくすることは熱影響幅も大きくなり、強度低下になるので、6mm以下にするのが好ましい。尚、接合の際には接合部に対して補強として裏当金が必要であるが、ステンレス鋼が用いられる。銅又は銅合金とを組み合わせて用いることによ

ってHAZの幅を小さくすることはできる。

【0036】実施例2図9は本発明の接合ツールの形状である。図1との相違点は底面23が無い点であるが、傾斜面16を有している。この傾斜面16により、ピン2の先端と治具10との間のアルミ部材を積極的に実施例1と同様の塑性流動を生じさせるものである。この塑性流動により、ビード全体の形状及びビード裏側の突合せ面が前述と同様に形成され、特に裏面の突合せ面において攪拌されて接合後に残らないため、裏波不良を防止することができる。

【0037】実施例3

図10は本発明の接合ツールの形状である。この接合ツールでは傾斜面16がショルダー3まで傾斜している。この傾斜面16により、ピン2の先端と治具10との間のアルミ部材を積極的に前述と同様に塑性流動させることができる。この塑性流動により、ビード形状も前述と同様であり、更にビード裏側の突合せ面が攪拌されて接合後に残らないため、裏波不良を防止することができる。

【0038】実施例4

図11、図12、及び図13は本発明の接合ツールの形状である。これらの接合ツールでは、ピン2の先端に凹凸17を設けた構造である。この凹凸17により、ピン2の先端と治具10との間のアルミ部材を積極的に塑性流動させることができる。この塑性流動により、ビード裏側の突合せ面が攪拌されて接合後に残らないため、裏波不良を防止することができる。

【0039】すなわち、本実施例は接合ツールの先端面に、被加工物と接合ツールとの回転摩擦抵抗を増大させる凹凸17を設けたものである。この図では、凹凸17の例として、突起を設けた場合の例が示されている。すなわち、この場合、接合ツールの小径のピン2の先端は平面であり、その平面部に突起15aが設けられている。この突起15aはピン2の軸芯以外の部分に設けられ、できる限り周縁部に近い方が塑性流動させる効果上有効である。

【0040】このように形成された接合ツールであると、凹凸17により、ピン2の先端と治具10との間の部材が効率よく、かつ広範囲が塑性流動の状態となり、この充分な塑性流動により、ビード形状も同様であるとともに、ビード裏側の突合せ面が攪拌されて接合後に非塑性流動域が残らず、裏波不良を防止することができる。ある。

【0041】実施例5

図14は本発明の接合ツールの形状である。この接合ツールでは、ピン2に円弧形状の凸部4が設けた構造である。この凸部4により、ピン2の先端と治具10との間の部材を前述の実施例と同様に積極的に塑性流動させる。この塑性流動により、ビード裏側の突合せ面が攪拌されて接合後に残らないため、裏波不良を防止すること

ができる。

【0042】実施例6

図15にはもう一つの例が示されている。この場合も小径のピン2の先端は平面であり、その平面にらせん溝13が設けられている。このらせん溝13により、ピン2の先端と治具10との間の部材は、前述の実施例同様に有効な塑性流動状態となる。この塑性流動により、ビード裏側の突合せ面が攪拌されて接合後に残らないため、裏波不良を防止することができる。

【0043】実施例7

図16にはもう一つの例が示されている。この場合も小径のピン2の先端は平坦な面に形成され、その平坦な面に円弧状溝14が設けられている。この円弧状溝14により、ピン2の先端と治具10との間の部材は積極的に塑性流動させられ、前述実施例と同様な効果を奏する。

【0044】実施例8

図17にはもう一つの例が示されている。この場合も小径のピン2の先端は平坦な面に形成され、その平坦な面に放射状に設けられた円弧状の凸部4が設けられている。この円弧状の凸部4により、ピン2の先端と治具10との間の部材は積極的に塑性流動させられ、前述実施例と同様な効果を奏する。なお、この場合、この円弧状の凸部4に変え、円弧状の溝であっても同様な効果を奏する。

【0045】実施例9

図18にはもう一つの例が示されている。小径のピン2の先端は平面であり、その平面にローレット形状の凹凸17が設けられている。この凹凸17により、ピン2の先端と治具10との間の部材を積極的に塑性流動させる。この塑性流動により、ビード裏側の突合せ面が攪拌されて接合後に残らないため、裏波不良を防止することができる。

【0046】実施例10

本実施例は実施例1に示す接合ツール1に対し、図19に示す切削用円筒ショルダーを示す平面図である。この平面図は図20を下から見た図であり、リング状であり、3個の切削刃47が設けられている。切削用円筒ショルダーは図1のショルダー3の先端部に挿入され、ネジ穴41を通してボルトによってショルダー3の所望の位置に固定される。

【0047】図20は図19の1点鎖線で示した部分を断面図とし、他の部分は横から見た正面図である。切削刃47は図に示す様にリングの中心に向かって傾斜しており、接合ツール1が実施例1に示す様に進行方向に対して傾斜して回転するので、切削刃47の刃部が接合面で平らになる様に接合ツール1の傾斜角度に合わせた角度を有し、更に内周側に凹部が形成されている。

【0048】本実施例においても実施例1と同様にA1又はA1合金の接合ができる。

【0049】本実施例によれば、切削用又は押付け用の

円筒状ショルダーを設けた接合ツールにより、傾斜させて接合と同時に排出部材を除去できるため、接合後の切削工程を省略することができる。

【0050】実施例11

図21はアルミ合金からなる長さ25m、幅0.5m、厚さ4mmの鉄道車両用被加工物32の突合せ溶接において、接合ツール1の配置側および反対側（溶接面の裏側）にピン2の固定治具を配置して溶接する斜視図である。固定治具の配置位置は、溶接裏面側における接合ツール1の前方の他、後方にも配置されている。

【0051】この溶接方法において、被加工物32は支持台36に固定され、さらに、接合ツール1の荷重によって変形しないように、接合ツール1の配置側および反対側に加工物を支持する支持治具37および38を配置する。この場合、支持治具37および38は回転機構が備えられている。さらに、支持治具37および38は、加工物の上下移動に連動して自動的に上下に移動できる構造も備えている。溶接は、回転ツールが4方向に回転しながら方向5に移動して溶接される。

【0052】なお、本実施例ではCCDカメラによる電子的監視装置により、溶接表面及び裏面側の溶接状況を監視しながら溶接した。

【0053】前記のごとく、回転機構および上下移動機構を備えた加工物の支持治具により、加工物と支持治具との摩擦抵抗が少なくなる。このため、加工物が長い場合も容易に安定に固定できる。従って、溶接も安定にできる。アルミ合金の突合せ溶接を行った。接合ツールの形状および溶接条件は実施例1と同じであり、溶接ビード形状もほぼ同じである。この溶接によって、高速鉄道用の車両を製作することができる。

【0054】実施例12

図22は車両用のアルミ合金として前述のアルミ合金からなる加工物の突合せ溶接において、接合ツール1を被加工物32の表裏両面に配置して表裏両面から溶接する溶接法と装置の断面図。本実施例では、接合ツール1が加工物の反対側（溶接裏面側）にも配置され、さらに、固定治具も溶接方向に対して回転ツールの後方側にも配置されていることが特徴である。

【0055】接合ツール1bは溶接部の裏面にも配置され、表面側に配置されている接合ツール1aの荷重を接合ツール1bで受ける構造である。この溶接方法において、まず、被加工物32は支持台36に支持される。この支持だけでは、被加工物32は接合ツールの荷重により変形し、安定に溶接ができない。このため、接合ツール1の荷重によって変形しないように、接合ツール1の配置側および反対側に加工物を固定する固定治具37および38を合計4個配置する。この場合、固定治具37および38は回転機構が備えられている。さらに、固定治具37および38は、図に示すごとく、支持機構39に取付けられ、被加工物32の上下移動に連動して自動

的に上下に移動できる構造も備えている。また、この回転機構を備えた固定治具37及び38は、接合ツール1の溶接方向の移動に連動して移動する。

【0056】接合ツール1はモータ40に取付けられ、高速回転しながら移動して溶接される。

【0057】なお、図に示すごとく、本実施例における加工物の溶接部の厚さは局部的に0.8mm高くなっていることが特徴である。これにより、回転ツールと加工部との摩擦によって溶接部の表面に凹みが生じた場合でも溶接部が厚くなっているため、機械的強度の低下を防止できる。

【0058】前記のごとく、回転機構および上下移動機構を備えた加工物の固定治具により、加工物と固定治具との摩擦抵抗が少なくなる。このため、鉄道車両のように、加工物が長くかつ、大型の場合でも容易に安定に固定できる。従って、車両のような長尺の加工物でも安定に溶接できる。接合ツールの形状および溶接条件は実施例1と同じである。この溶接によって、高速鉄道用の車両を製作した。

【0059】実施例13図23は押出し加工によって製作された実施例1に示したアルミ合金からなる鉄道用車両のハニカムパネル（中空型材）の溶接方法を示す断面図である。このハニカムパネルは、長さ25m、幅0.4m、厚さ50mmである。このハニカムパネルは、面板42、コア一材43、縁材44から構成されている。ハニカムパネルは支持台36に配置され、さらに、上下方向から固定治具37及び38によって固定される。溶接は接合ツール1を縁材44の接合部に挿入されて加工物同士を両面から固相接合する。つまり、本溶接方法は、溶融しないため、溶融金属の重力で溶融金属が下方に垂れ落ちることはない。このため、溶接はハニカムパネルの接合面6の部分に上下方向から接合ツール1を挿入して行った。該接合ツール1は、ネジ穴41に取付けられ、モータ40による駆動力で回転しながら溶接線方向に移動し、加工物同士を固相接合する。なお、接合ツール1は、加工物表面の変形に応じて上下方向に自動的に移動制御できる。さらに、該接合ツール1は、溶接線に沿って左右方向にも自動的に移動制御できる。この実施例では、接合部の面板の高さがほかの部分より約0.8mm局部的に高くなっていることが特徴である。これにより、接合ツールと加工部との摩擦によって溶接部の表面に凹みが生じた場合でも溶接部が厚くなっているため、機械的強度の低下を防止できる。

【0060】図24は上記方法によって製作した鉄道車両構造体の斜視図を示す。接合部の長さは一部が1.2.5mであるが、最大25mの長さが表裏利用面から形成されている。接合ツールの形状、溶接条件は接合部の厚さによって異なるが、ビードの形成は実施例1と同様であった。

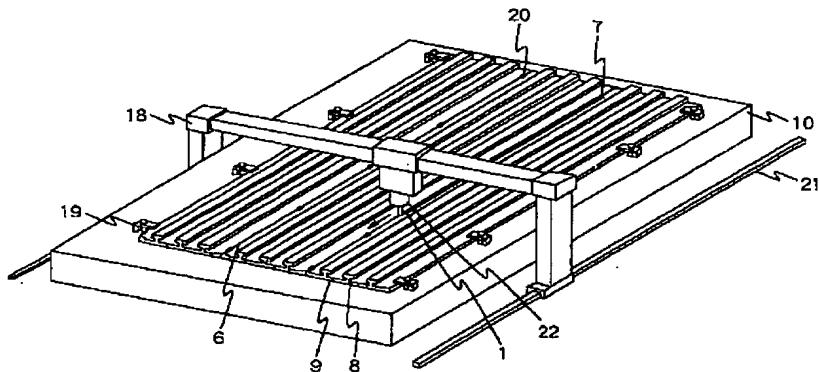
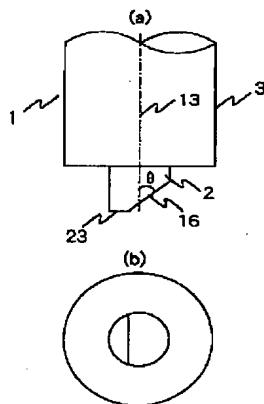
【0061】

【発明の効果】本発明によれば、摩擦攪拌接合における裏波部の良好な接合が得られる摩擦攪拌接合装置及びその接合ツールとそれによって得られる接合構造物とそれを用いた各種用途が達成されるという優れた効果が得られるものである。

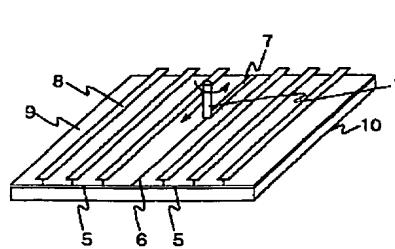
【図面の簡単な説明】

- 【図1】本発明の接合ツールの形状を示す。
- 【図2】接合中の摩擦攪拌接合装置の斜視図を示す。
- 【図3】摩擦攪拌接合方法の斜視図を示す。
- 【図4】接合前における接合部の断面図を示す。
- 【図5】接合中における接合部の断面図を示す。
- 【図6】従来の接合ツールの形状を示す。
- 【図7】従来の接合ツールによる接合後のビード断面の顕微鏡写真を示す。
- 【図8】本発明の接合ツールによる接合後のビード断面の顕微鏡写真を示す。
- 【図9】本発明の接合ツールの形状である。
- 【図10】本発明の接合ツールの形状である。
- 【図11】本発明の接合ツールの形状である。
- 【図12】本発明の接合ツールの形状である。
- 【図13】本発明の接合ツールの形状である。
- 【図14】本発明の接合ツールの形状である。
- 【図15】本発明の接合ツールを示す側面図、平面図および断面図である。

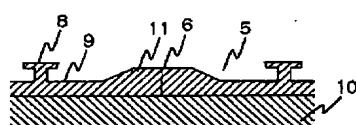
【図1】



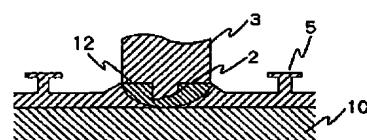
【図3】



【図4】



【図5】



【図16】本発明の接合ツールを示す側面図、平面図および断面図である。

【図17】本発明の接合ツールを示す側面図、平面図および断面図である。

【図18】本発明の接合ツールを示す側面図および平面図である。

【図19】切削用円筒ショルダーの平面図。

【図20】図19の断面図。

【図21】鉄道車両構造体の摩擦接合装置の斜視図である。

【図22】鉄道車両構造体を両面側より接合する摩擦接合装置の断面図である。

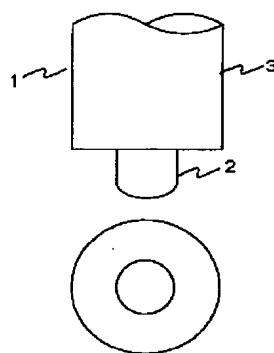
【図23】鉄道車両構造体を両面側より接合する摩擦接合装置の斜視図である。

【図24】摩擦接合された鉄道車両の斜視図である。

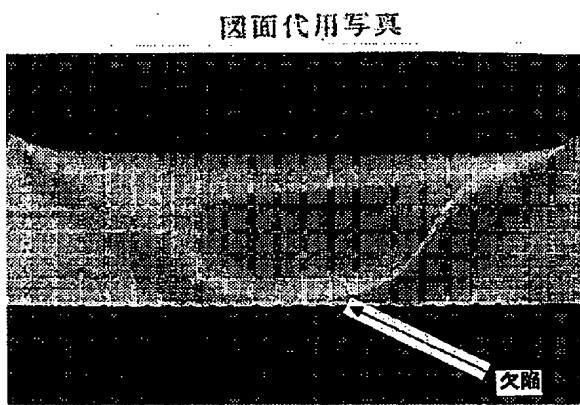
【符号の説明】

- 1…接合ツール、2…ピン、3…ショルダー、4…凸部、5…押出形材、6…接合面、7…ビード、8…リブ、9…板、10…治具、11…厚板部、12…塑性流動域、13…らせん溝、14…円弧状溝、15…摩擦係数増大手段、15a…突起、16…傾斜面、17…凹凸、18…ガントリー、19…クランプ、20…仮付け、21…ガイドレール、22…回転モータ、23…底面、41…ネジ穴、47…切削刃。

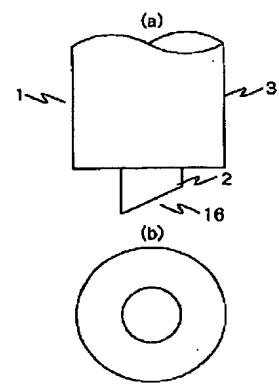
【図6】



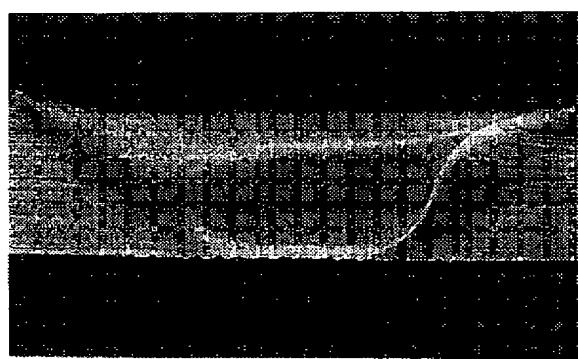
【図7】



【図9】

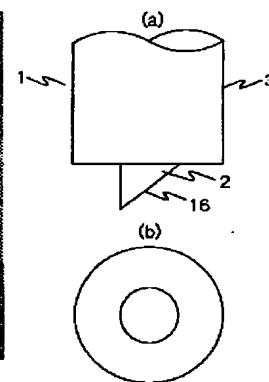


【図8】

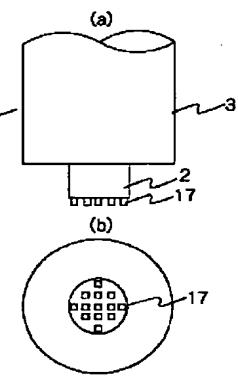


図面代用写真

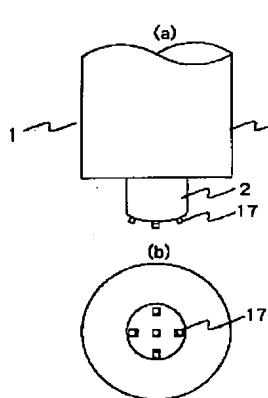
【図10】



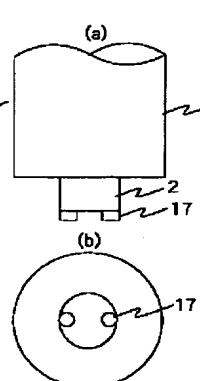
【図11】



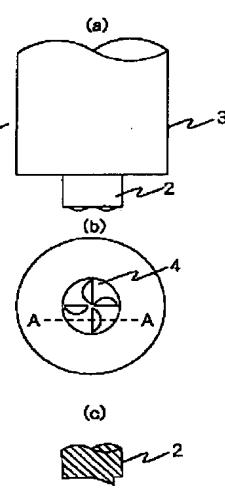
【図12】



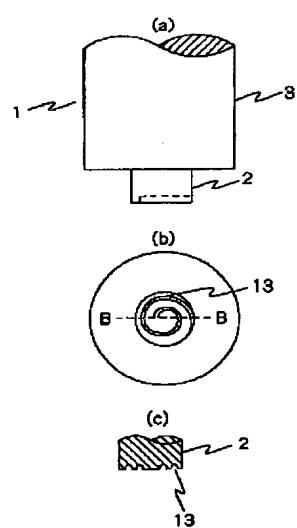
【図13】



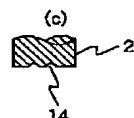
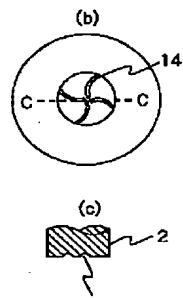
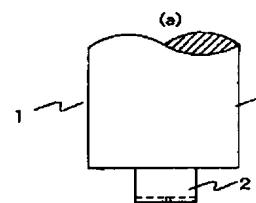
【図14】



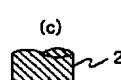
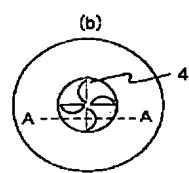
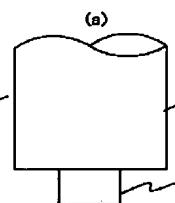
【図15】



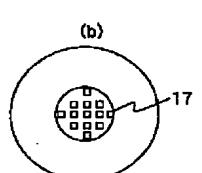
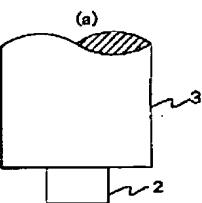
【図16】



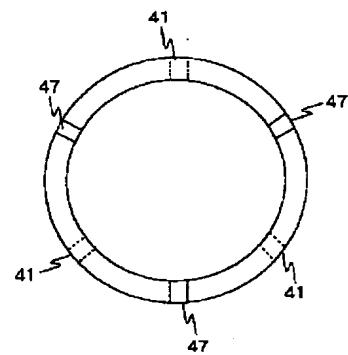
【図17】



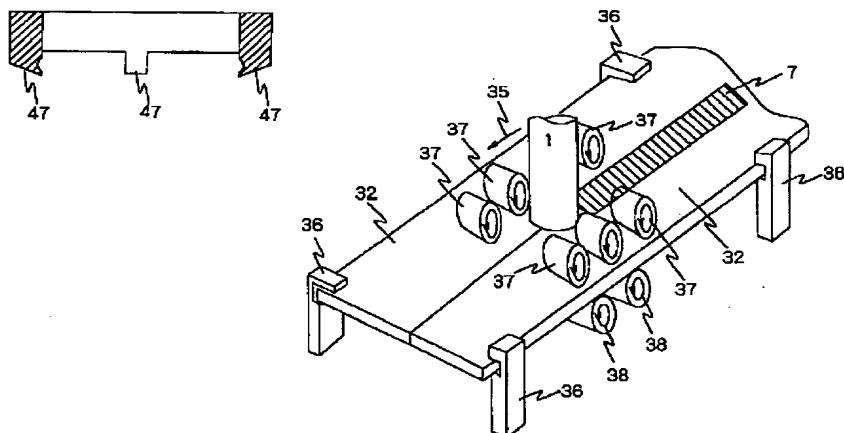
【図18】



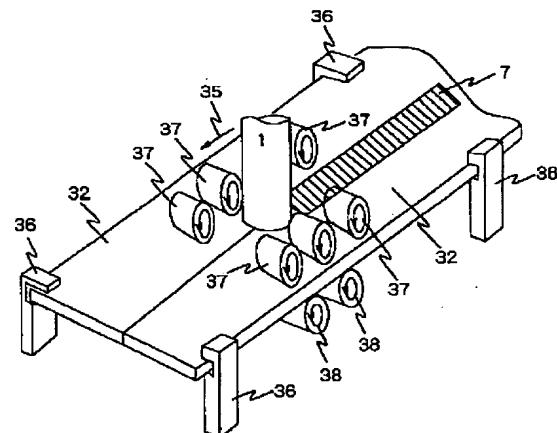
【図19】



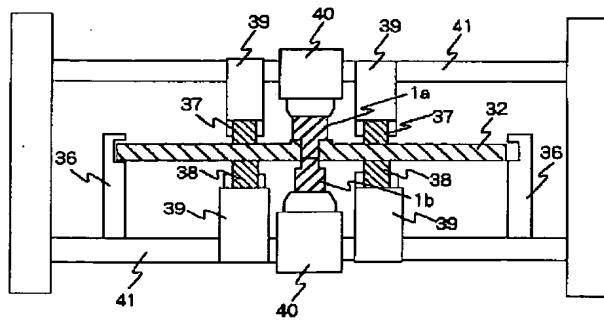
【図20】



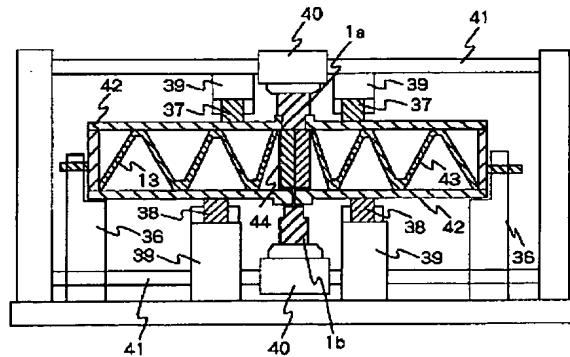
【図21】



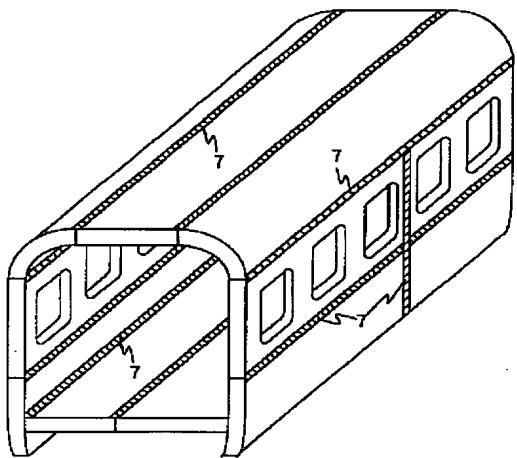
【図22】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

(72)発明者 舟生 征夫
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 坂本 征彦
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
式会社日立製作所日立研究所内
F ターム(参考) 4E067 AA05 BG02 CA01 CA04 EA00
EA08